

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-  
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

Институт наук о Земле

**Галков Герман Сергеевич**

**Выпускная квалификационная работа бакалавра**

**«3D сейсморазведка на Юрхаровской площади – особенности  
обработки»**

Уровень образования: бакалавриат

Направление 05.03.01 «Геология»

Основная образовательная программа СВ.5091.2015 «Геология»

Научный руководитель: к.геол.-мин.н.,  
доцент Жемчужников Евгений Глебович

Рецензент: заместитель начальника  
Северо-Западного  
территориального отделения ФГКУ  
«Росгеолэкспертиза»  
Дворников Дмитрий Леонидович

**Санкт-Петербург**

**2020г.**

## Оглавление

1.	Введение .....	3
2.	Цели и задачи .....	3
3.	Характеристика объекта исследования .....	4
4.	Вычисление истинных координат донных станций.....	5
4.1	Специфика вычислений координат точек приема в 3D сейсморазведке .....	5
5.	Граф вычисления истинных координат точек приема.....	7
6.	Экспресс обработка данных .....	13
6.1	Граф полевого контроля .....	13
7.	Результаты обработки .....	24
8.	Заключение.....	24
9.	Список литературы.....	25

## 1. Введение

Сегодня при поисках и разведке углеводородов (УВ) наиболее востребованным геофизическим методом является сейсморазведка. Особенно широкое применение сейсмические методы получили при проведении работ на акваториях. В силу специфики организации поисков УВ на море, сейсморазведка заняла доминирующее положение, поскольку в данное время проведение сейсмических работ сравнительно с альтернативными вариантами чаще всего является наиболее целесообразным и рациональным. Сейсморазведка при соблюдении методики полевых работ, исполнения надлежащего контроля качества собранных данных, позволяет получить надежный и качественный результат, чаще всего представленный временными или глубинными разрезом (2D съемка) или кубом (3D съемка), который впоследствии используют для геологической интерпретации.

## 2. Цели и задачи

Цель данной работы: получение временного 3D куба сейсмических данных по морской части Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения.

Для достижения цели, необходимо решить следующие блоки задач:

- 1) Вычисление истинных координат точек приема (координаты выброса гидрофонов, являющихся точками приема в сейсмической расстановке, отличались от их истинных положений на дне).
- 2) Выполнение экспресс-обработки данных

Использованный в процессе написания ВКР фактический материал был предоставлен научным руководителем. В них содержатся: сейсмические, навигационные данные, а также ряд сопроводительных материалов. Данные принадлежат ФГУНПП «Севморгео», собраны в 2009 году на объекте «Тазовская губа», который является частью Юрхаровской площади (месторождения).

### 3. Характеристика объекта исследования

3D сейсморазведка МОВ-ОГТ проводилась на объекте «Тазовская губа», который входит в состав Юрхаровского месторождения (рис.1). Юрхаровское нефтегазоконденсатное месторождение, площадью около 260 км<sup>2</sup> расположено в 300 км к северу от г.Новый Уренгой, и в 50 км к востоку от Ямбургского месторождения в Ямало-Ненецком автономном округе в северной части Уренгойского нефтегазоносного района Надым-Пурской нефтегазоносной области. Западная часть месторождения находится на Тазовском п-ве, центральная и восточная части занимают шельф Тазовской губы. Длина губы около 330 км, ширина у входа 45 км. Глубина моря незначительна: до 9 м, средние значения глубин 4 м. Месторождение было открыто в 1970 г. По настоящее время на месторождении было обнаружено 19 газоконденсатных залежей, 3 нефтегазоконденсатных и одна залежь природного газа. С января 2003 года на месторождении ведется добыча газа и газового конденсата через субгоризонтальные наклонные, уходящие под Тазовскую губу скважины, заложенные на суше. На конец 2012 года прогнозируемый объем запасов газа составлял 436,5 млрд куб.м. газа и 23,2 млн. т. жидких углеводородов (Юрх).

Основные продуктивные залежи газа связаны с сеноманскими и валанжинскими отложениями. Сеноманская газовая залежь находится на глубинах 1043–1350 м, валанжинская газоконденсатная – на глубинах 2545–3200 м. Основными объектами добычи являются валанжинские залежи, в которых сосредоточено 75% запасов Юрхаровского НГКМ.

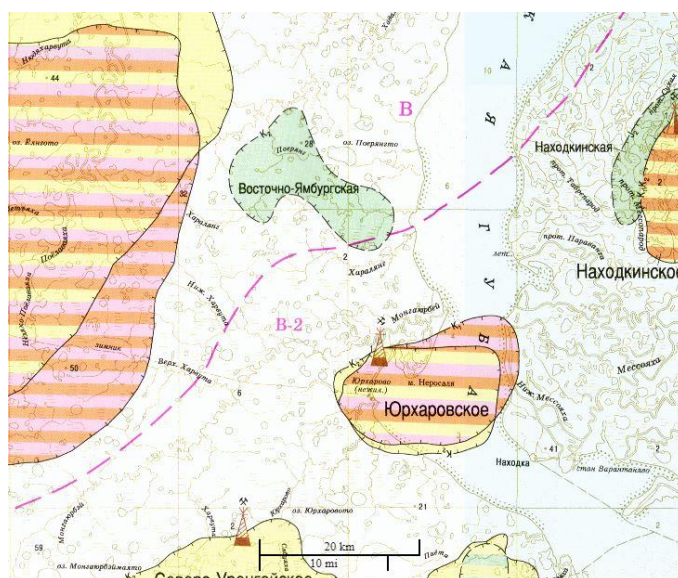


Рисунок 1 Карта размещения углеводородов с элементами прогноза. (ВСЕГЕИ 2009)

## 4. Вычисление истинных координат донных станций

### 4.1 Специфика вычислений координат точек приема в 3D сейсморазведке

Обрабатываемые сейсмические данные были получены в системе наблюдения, в которой в качестве точек приема использовались донные гидрофоны, не оборудованные пингерами. В процессе погружения гидрофон неизбежно смещается относительно координат точки выброса в силу взаимодействия с водной толщей, течениями, неровностями дна и пр. Залив Тазовской губы, характеризуется внушительной силой течения, а также приливно-отливными процессами, что без сомнений сильно влияет на расположение гидрофонов, смещает их относительно точки выброса. При проведении полевых работ технически было невозможно точно определить координаты заякорившихся на дне сейсмоприемников, фиксировались лишь координаты точки выброса гидрофона с судна. Без вычисления фактических координат точек приема невозможно провести обработку и достоверную интерпретацию данных.

Для корректной обработки предоставленных сейсмических данных 3D МОВ-ОГТ, необходимо верно рассчитать кинематическую поправку, т.к. она сильно влияет на волновое поле (спрямляет гиперболические годографы ОСТ) (Жемчужников, 2015)

$$\tau = \left( t^2 + \frac{x^2}{v_{\text{огт}}^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Численное значение кинематической поправки ( $\tau$ ), рассчитываемое в результате обработки данных, зависит от переменных, представленных в формуле (1). Как видно из формулы значение  $t$  зависит и от офсета (вектор, направленный от пункта взрыва к пункту приема.). Корректные величины офсета можно получить только, узнав истинные координаты точек приема.

Процедуры, проводимые при экспресс-обработке данных, такие как мьютинг, FK-фильтрация и суммирование также зависят от значения азимута офсета.

. Процесс решения задачи начинается с расчета минимально необходимой точности значений рассчитываемых координат точек приема. Чувствительность НМО к изменениям координат станций различна в разных частях сейсмограммы, она максимальна для малых времен и больших офсетов. Для оценки минимальной точности определения координат станций важен такой критерий: модуль разности НМО, определенный по истинным координатам станции и по ее вычисленным координатам на границе конуса мьютинга не должен превышать шага дискретизации. (Т.е. шаг дискретизации принимается как

максимальная точность привязки трасс по времени) (Е. Г. Жемчужников). Берутся две соседние станции, и на место сейсмограммы ОПП одной из них копируется сейсмограмма ОПП другой, при этом волновое поле меняется, а заголовки трасс остаются прежними. В идеале, эти две станции должны получить совпадающие вычисленные позиции, в реальности будет иметь место расхождение. После получения вычисленных позиций станций определяется среднее расхождение и его среднеквадратическое отклонение.

Алгоритм определения координат основан на решении системы четырех (как минимум) линейно независимых уравнений, выражающих времена прихода волны через координаты точки приема и скорость звука в воде (или в верхнем преломляющем слое – в случае предельного мелководья: глубины менее 1-1,5м). Чем больше уравнений в системе, тем более высокая точность определения вычисленных координат.

В случае 3D работ из-за полноазимутальной направленности офсетов уравнения являются независимыми. В 2D методе уравнения линейно-зависимы, соответственно для каждой точки приема мы будем получать два решения, одно – истинное, другое, зеркально-симметричное относительно вертикальной плоскости проходящей через линию отстрела.

Для вычисления истинных координат положения точек приема можно воспользоваться специализированным ПО. Алгоритм и последовательность выполняемых в программах процедур можно обобщить следующим графом (Е. Г. Жемчужников):

- Ввод данных. (сейсмограммы ОТВ, координаты точек отстрела и точек приема),
- Пикирование первых вступлений,
- Удаление помех, и волн не задействуемых в решении (выбираем один тип волны),
- Расчет координат станций, и скорости волны в воде вблизи них,
- Вывод статистических характеристик по полученным решениям,
- Ввод вычисленных (уточненных) координат станций в заголовки трасс, перерасчет офсетов.

В настоящей работе для решения задачи было использована программа Verify-Pro, входящая в комплекс обработки сейсмических данных APEX, разработанным американской компанией Exploration Design Software. Также можно использовать другое подобное обеспечение QualSeis, Vista, OBSSoftware.

## 5. Граф вычисления истинных координат точек приема

- 1) В программу Verify-Pro загружаются данные сейсмограмм, в результате программа отрисовывает точки взрыва и точки приема в координатной сетке (рис.2). База данных сортируется по ОТП.
- 2) Выбираются параметры пикировки, обозначаются пики первых вступлений каждой трассы (процесс пикирования),

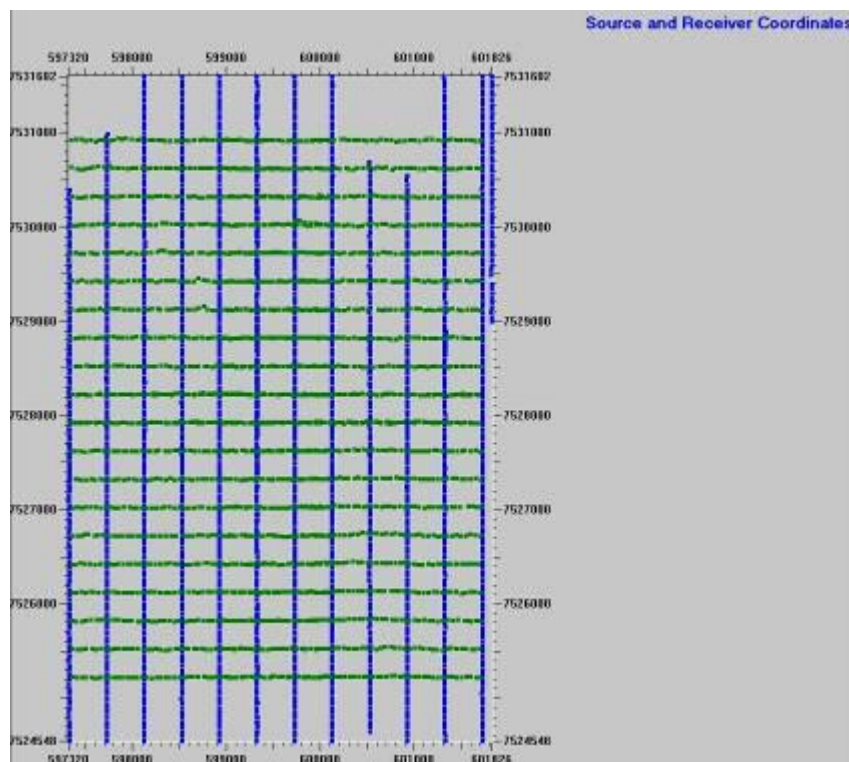


Рисунок 2 Координатная сетка с данными точек отстрела и приема

- 3) На визуализированном программными алгоритмами поле скоростей (рис.3) в осях офсет – скорость, выполняем отсев (рис.4) точек первых вступлений, связанных с высокоамплитудными помехами, и точек, которым соответствуют волны, не задействованные в расчетах



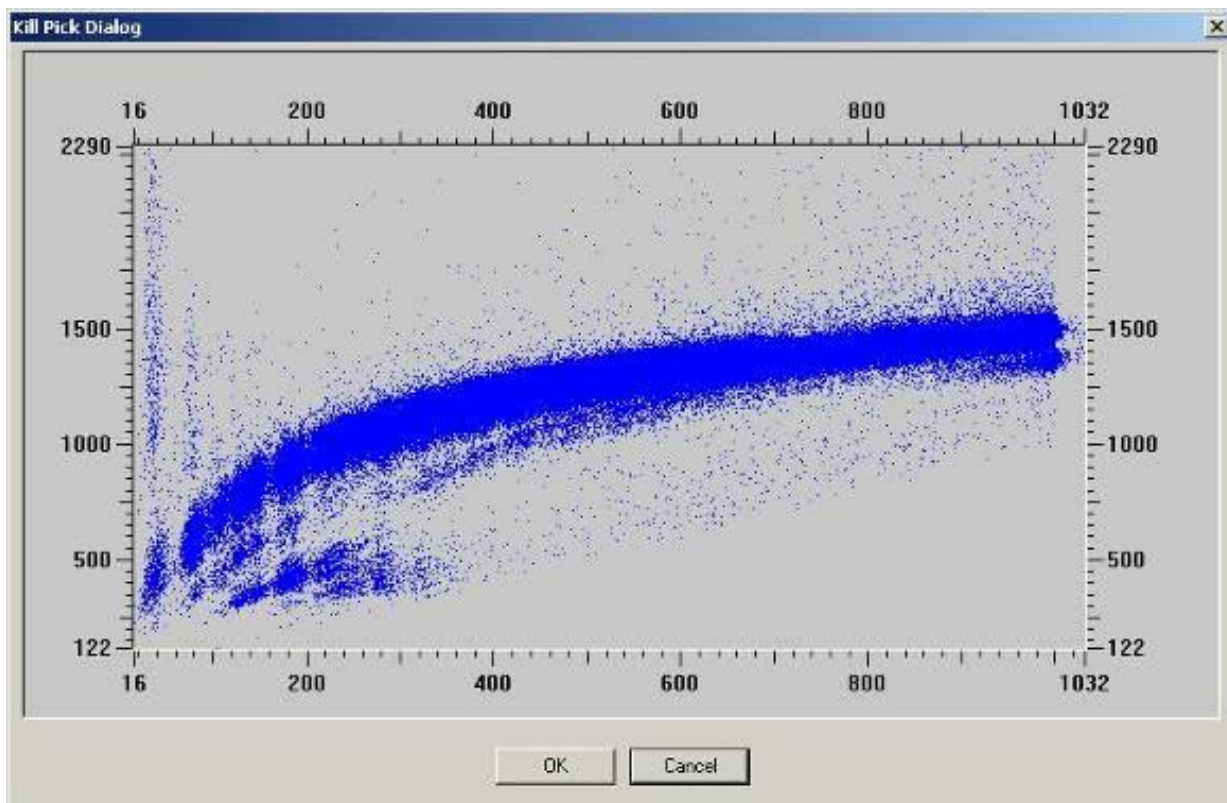


Рисунок 3 Визуализированное поле скоростей. Каждая точка трасса, расположенная на графике в соответствии со своим офсетом и зафиксированной скоростью

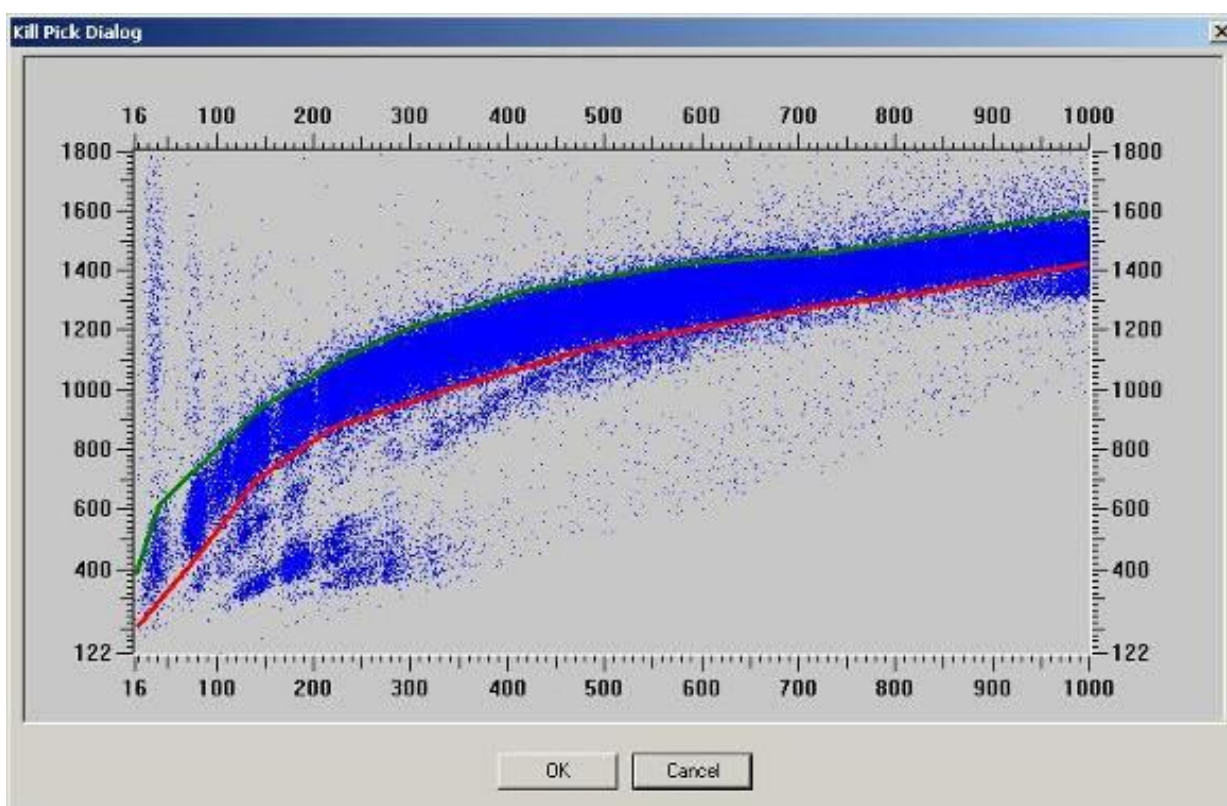


Рисунок 4 Ограничиваем, графически точки, которые будем использовать в обработке..



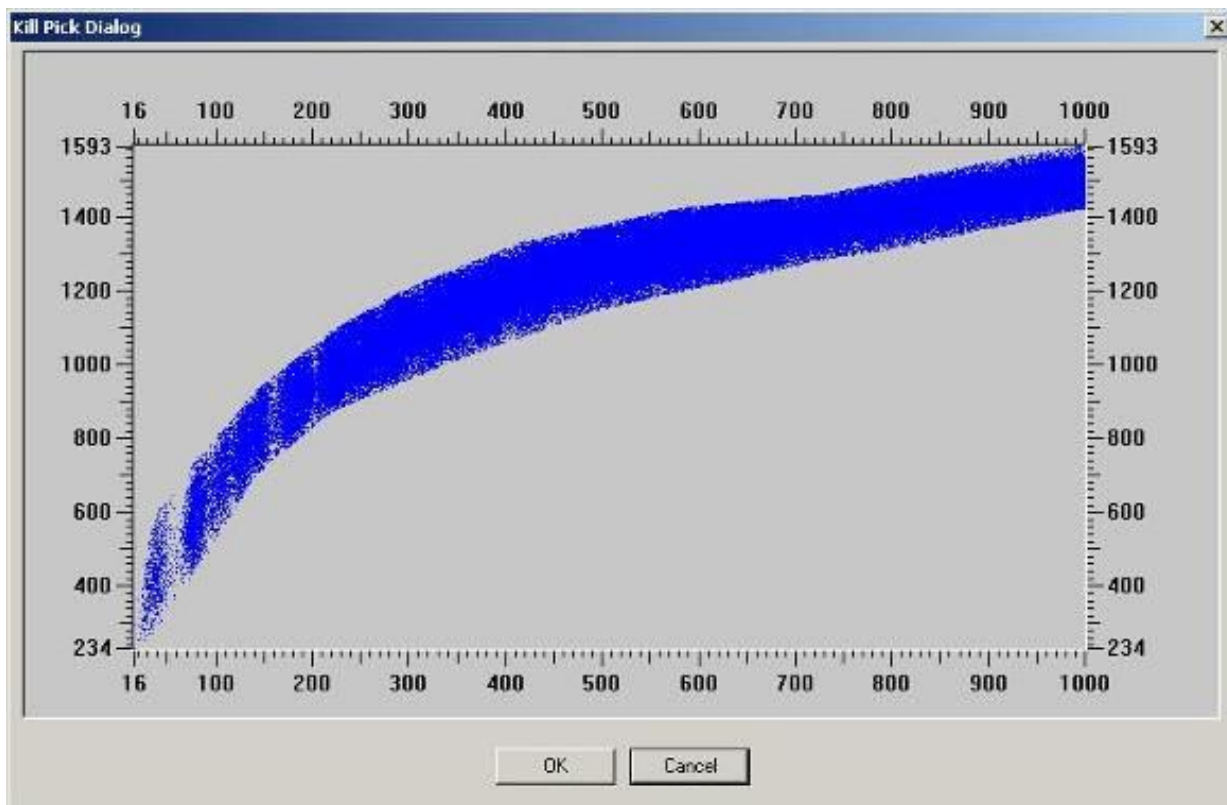


Рисунок 5 Результат отбраковки, остались только выбранные первые вступления

- 4) Программной функцией с помощью оставшихся первых вступлений вычисляются истинные координаты точек приема. (рис.6)

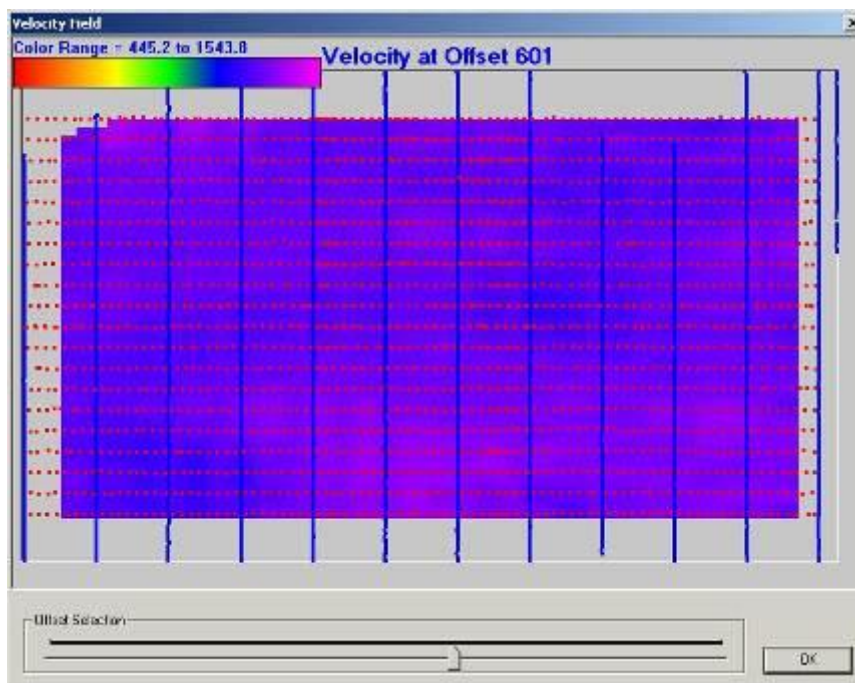
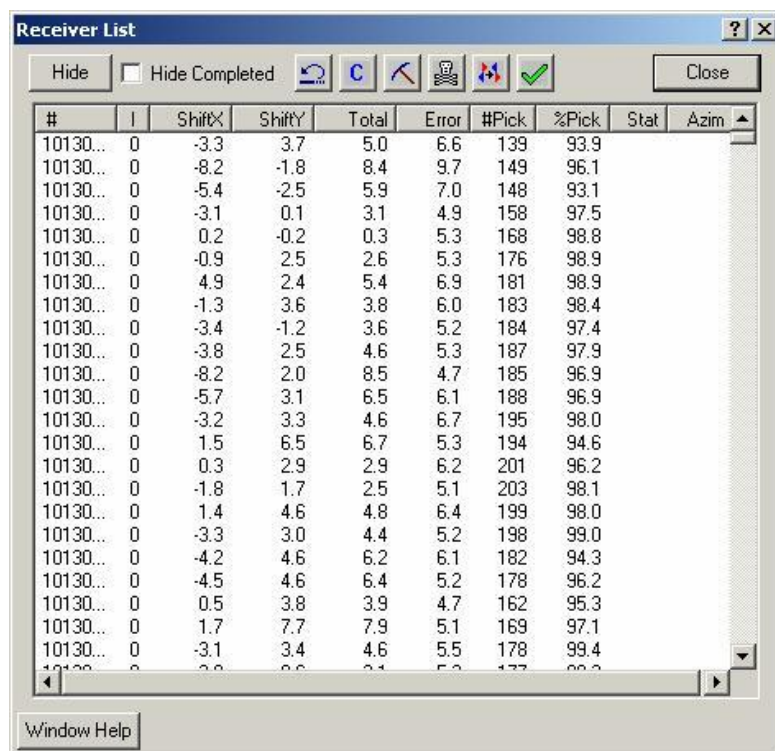


Рисунок 6

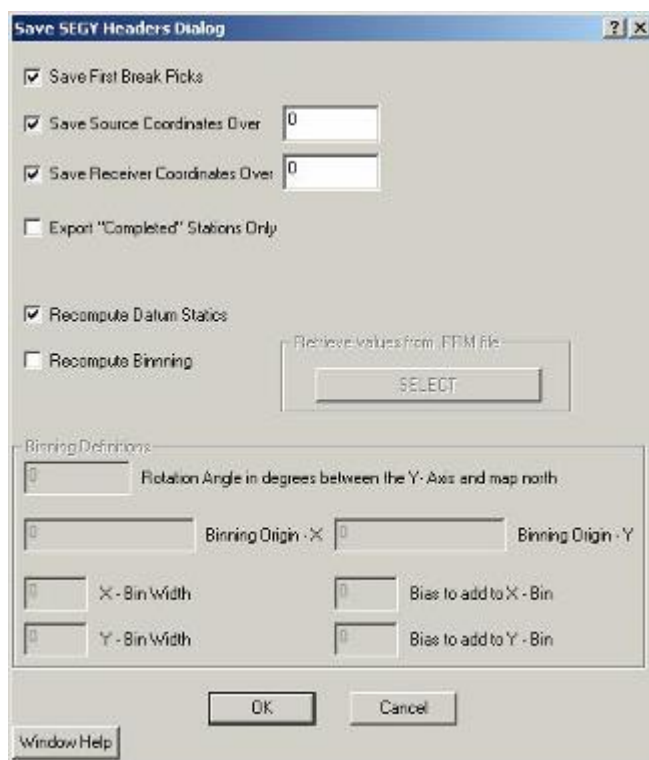
- 5) Производится вывод истинных координат, пикированных времен первых вступлений в требуемом формате, или добавление полученных данных в базу данных сеймотрасс с внесением в нее соответствующих столбцов (рис.6,7)



The 'Receiver List' window displays a table with the following columns: #, I, ShiftX, ShiftY, Total, Error, #Pick, %Pick, Stat, and Azim. The table contains 20 rows of data for receiver 10130...

#	I	ShiftX	ShiftY	Total	Error	#Pick	%Pick	Stat	Azim
10130...	0	-3.3	3.7	5.0	6.6	139	93.9		
10130...	0	-8.2	-1.8	8.4	9.7	149	96.1		
10130...	0	-5.4	-2.5	5.9	7.0	148	93.1		
10130...	0	-3.1	0.1	3.1	4.9	158	97.5		
10130...	0	0.2	-0.2	0.3	5.3	168	98.8		
10130...	0	-0.9	2.5	2.6	5.3	176	98.9		
10130...	0	4.9	2.4	5.4	6.9	181	98.9		
10130...	0	-1.3	3.6	3.8	6.0	183	98.4		
10130...	0	-3.4	-1.2	3.6	5.2	184	97.4		
10130...	0	-3.8	2.5	4.6	5.3	187	97.9		
10130...	0	-8.2	2.0	8.5	4.7	185	96.9		
10130...	0	-5.7	3.1	6.5	6.1	188	96.9		
10130...	0	-3.2	3.3	4.6	6.7	195	98.0		
10130...	0	1.5	6.5	6.7	5.3	194	94.6		
10130...	0	0.3	2.9	2.9	6.2	201	96.2		
10130...	0	-1.8	1.7	2.5	5.1	203	98.1		
10130...	0	1.4	4.6	4.8	6.4	199	98.0		
10130...	0	-3.3	3.0	4.4	5.2	198	99.0		
10130...	0	-4.2	4.6	6.2	6.1	182	94.3		
10130...	0	-4.5	4.6	6.4	5.2	178	96.2		
10130...	0	0.5	3.8	3.9	4.7	162	95.3		
10130...	0	1.7	7.7	7.9	5.1	169	97.1		
10130...	0	-3.1	3.4	4.6	5.5	178	99.4		
10130...	0	3.0	0.0	3.0	5.0	177	98.0		

Рисунок 7 Окно с посчитанными координатами точек приема



The 'Save SEG Y Headers Dialog' window contains the following options and fields:

- ☒ Save First Break Picks
- ☒ Save Source Coordinates Over:
- ☒ Save Receiver Coordinates Over:
- ☐ Export "Completed" Stations Only
- ☒ Recompute Datum Statics
- ☐ Recompute Binning
- Retrieve values from .FTM file:
- Binning Definitions:
  - Rotation Angle in degrees between the Y-Axis and map north:
  - Binning Origin - X:  Binning Origin - Y:
  - X - Bin Width:  Bias to add to X - Bin:
  - Y - Bin Width:  Bias to add to Y - Bin:

Buttons: OK, Cancel, Window Help

Рисунок 8 Окно сохранения, расчетов в базу данных с добавлением соответствующего заголовка

Функционал Verify-Pro при необходимости позволяет просматривать: поле скоростей волны, по которой осуществлялось решение (рис.8, рис.9), отличие найденной координаты от координаты выброса для каждого гидрофона (рис.11). Также есть возможность визуального сравнения каждой сейсмограммы до и после коррекции координат и введенной линейной кинематической поправкой (рис.12)

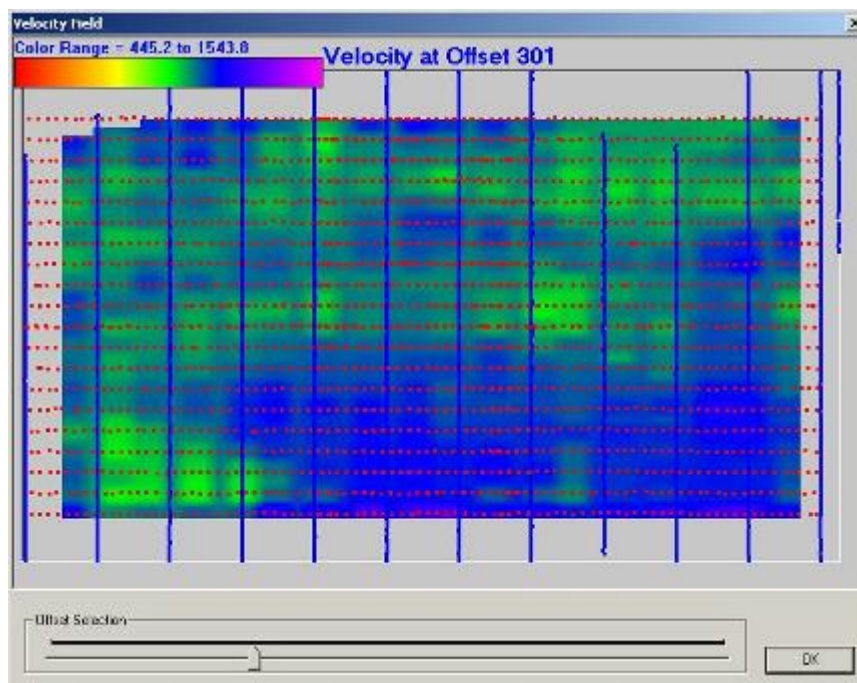


Рисунок 9 Поле скоростей волны, по которым осуществлялось решение

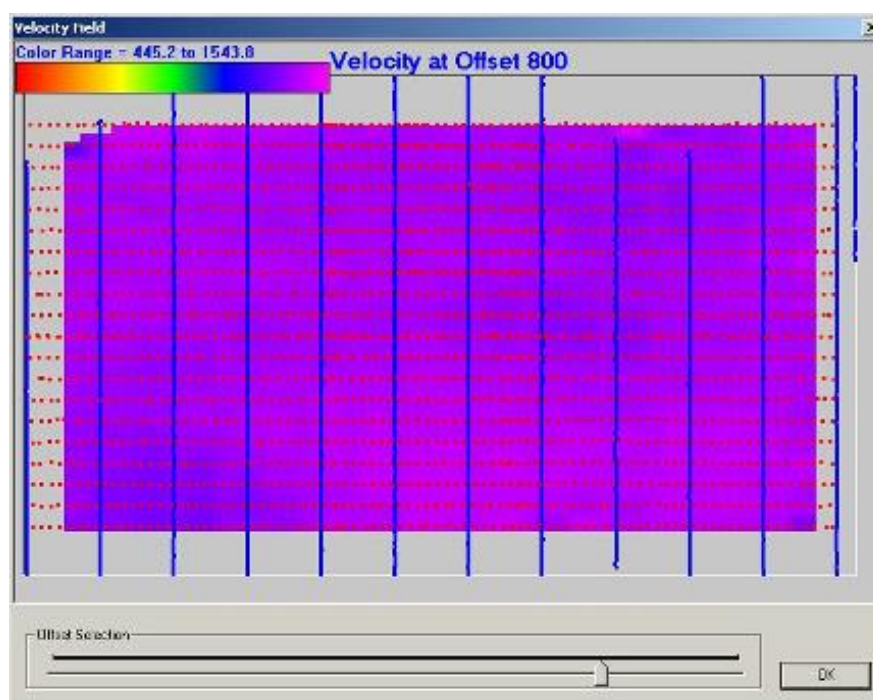


Рисунок 10 Поле скоростей волны, по которым осуществлялось решение



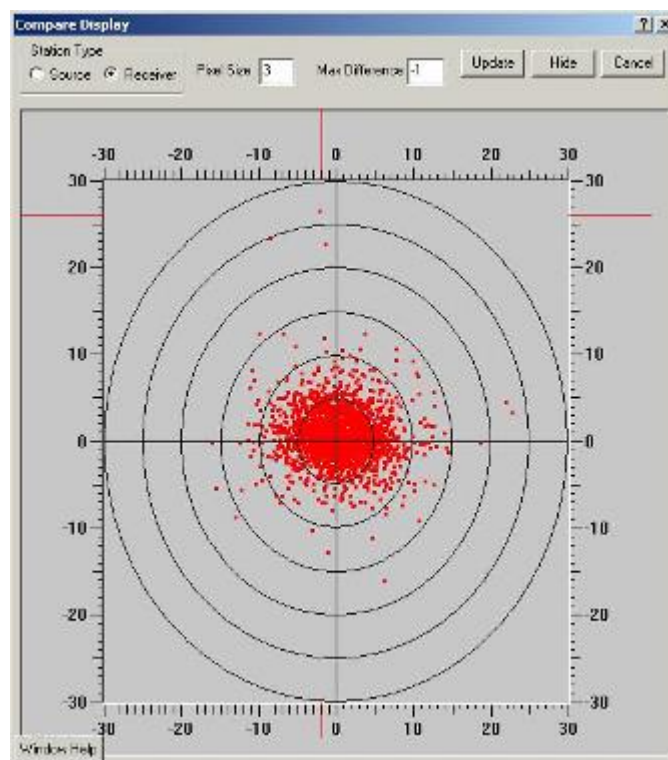


Рисунок 11 Диаграмма разброса рассчитанных значений координат точек относительно исходных

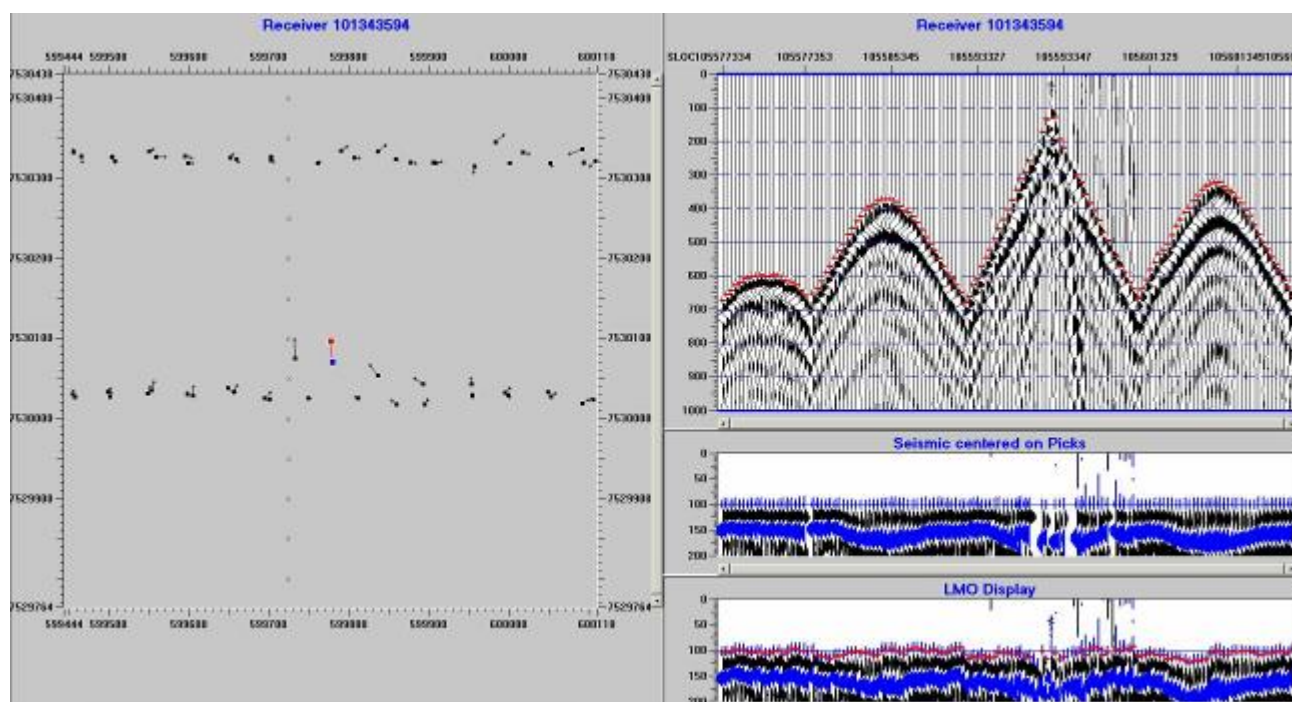


Рисунок 12 Окно просмотра сейсмограммы ОТП, пиков вступлений и сейсмограммы ОТП с введенной LMO (линейной кинематической поправкой)

## 6. Экспресс обработка данных

### 6.1 Граф полевого контроля

В результате выполнения графа полевого контроля можно установить кондиционность данных, собранных в результате сейсморазведочных работ, для решения поставленных геологических задач. В процессе контроля необходимо: протестировать аппаратуру по соответствующим установленным регламентам, следовать методике и соблюдать допуски, разработанные для используемого вида работ (непревышение допустимого значения сигнал/шум, сведение к минимуму отказов гидрофонов и подрывов, сокращение количества ошибок четности при передаче пакетов данных с сенсоров на ЦРС). В данной работе для производства графа полевого контроля и для построения экспресс разрезов, был использован программный пакет APEX-field, разработанный компанией Exploration Design Software.

В типовой граф полевого контроля входят следующие процедуры:

- 1) Ввод данных в используемый комплекс обработки (рис.14),
- 2) Корректировка загруженных данных при необходимости (смена нумерации трасс, удаление бракованных и тестовых сейсмограмм, некорректно функционирующих каналов приема) (рис.15),
- 3) Внесение параметров геометрии системы наблюдения, координат гидрофонов, пунктов отстрела, а также их альтитуд в паспорт трассы,
- 4) Вычисление координат нахождения гидрофонов на дне,
- 5) Бинирование расстановки,
- 6) Подавление «спаек»,
- 7) Получение сейсмограмм ОСТ,
- 8) Исправление амплитуд волнового поля за сферическое расхождение энергии,
- 9) Применение предсказывающей деконволюции (рис.18),
- 10) Применение оптимального фильтра по результатам тестирования переменного временных частотных фильтров (по итогам спектрального анализа сигнала, помехи и визуальной оценке) (рис.19),
- 11) Нижний мьютинг (для исключения из сейсмограмм зон реверберации) (рис.16,17),
- 12) Определение и ввод кинематических поправок (без коррекции) по результатам скоростного анализа Vogt (2-3 модели на расстановку) (рис.26),

- 13) Автоматическая коррекция статики по пилотному горизонту (при необходимости),
- 14) Получение немигрированного 2D временного разреза (слайса) по одной линии ОСТ на каждую расстановку.

Current Flow: C:\EDS\project\sam-10\flows\3-eg-bv1.FLW *			
SEG Y Disk Input	INPUT=C:\EDS\project\sam-10\eg-bv1\SEG Y DISK HEADER=edc\header\default.hdr SOFT=Trace Order PRIMARY=C ALL TERTIARY= ALL ORDER= BIG ENDIAN Reading 4000 mc.	MIG64 threaded input No Duplicates Drop Unlimited Open Files	X D
Despike	Despike Type = Amplitude Threshold Amplitude = 0.000000 Zero filled amplitude		X D
Mute	MUTE TAPER = 64 MUTE PARS=2		X D
Decon	DECON TIME VARIANT WINDOWS=1 NO SPATIAL VARIANCE DIAGNOSTIC OFF		X D
Mute	MUTE TAPER = 64 MUTE PARS=3		X D
EZDecon	EZDECON OPERATOR=200 GAP=10 START DES=100 OPERMUL=12 WHITENOISE=10.000000 Diagnostic OFF		X D
Filter	FILTER=0.02,05,10 No Noise No Phase Rot.		X D
Scale - Global	SCALE=0.0801 DESIGN LENGTH=1000 mc LEVEL= 0.010000 SCALE= 180 TRACES		X D
Scale Balance	SCALEBALANCE START BASED ON MUTE TIMES START= 111 END= 4000 LEVEL= 4000.000000		X D
Scale AGC	SCALEAGC AGC LENGTH= 1000mc AGC LEVEL= 1		X D
Scale T2N	SCALET2N T2N START= 600mc T2N END= 6000mc T2N FACTOR= 1.000000		X D
Despike	Despike Type = Amplitude Threshold Amplitude = 0.000000 Interpolate filled amplitude		X D
Header Math	REC X=0.000000 SMT X=0.000000 REC Y=0.000000 SMT Y=0.000000		X D
Header Display 2D	COMBINED Map of: Update Every 10000 Traces Not Interpolating Points		X D
Trace Display 2D	222 Trace Display Start Time = 0mc. End Time = -100. is Timing Line	4000mc. Timing Line Wiggles/TA Constraint = 2.000000	X D
SEG Y Disk Output	C:\EDS\project\sam-10\eg-bv1\SEG Y DISK Output Lookup Table. OUTTYPE= SEG Y FILE HEADER=edc\header\default.hdr ORDER= BIG ENDIAN	No Net Output Migration 32bit. 4000 mc. Output EZDECON Header output only to first 300 file	X D

Рисунок 13 Окно выбора процедур входящих в граф обработки

**SEG Y Disk Input Dialog** [?] [X]

Select Input Data Set

Trace Details  
 # Samples  Data Type   
 Sample Rate  # Traces

Sort Order

Window Help

Override trace data details  
☐ Override SEG Y details  
 Byte Order  
☐ Little Endian (Intel/Alpha order)  
☒ Big Endian (HP/Sun/IBM/etc. order)

Select Alternate Trace Header Description

Other Options  
☒ Multi-Threaded Reading  
 Input Time to Read (in ms.)  
   
 Max Open Files (-1 for unlimited)

Рисунок 14 Параметры ввода данных



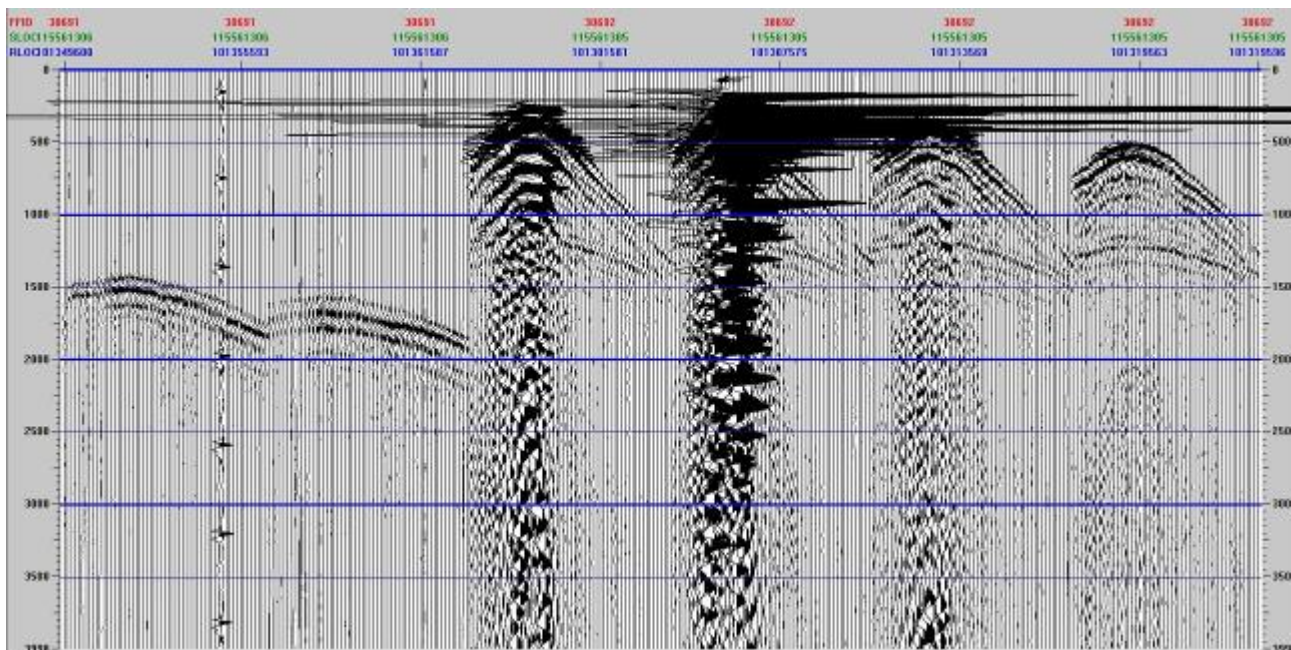


Рисунок 15 Визуальное представление данных в истинных амплитудах

**First Break Suppression Muting** [?] [X]

Mute Taper in ms:

Mute Type:

☐ Mute From Header

☒ Mute From Values Below

MUTE

Interactive:

Pick Mute

Load Mute

Save Mute

Start Mute Time in ms:  Offset:

Add Delete Clear

Mute Time	170	Offset	87
Mute Time	532	Offset	433
Mute Time	901	Offset	1076

Muting Direction:

☒ Mute from 0 to defined time (Usual Option)

☐ Mute from defined time to Tmax

Window Help OK Cancel

Рисунок 16 Настройка верхнего мьютинга

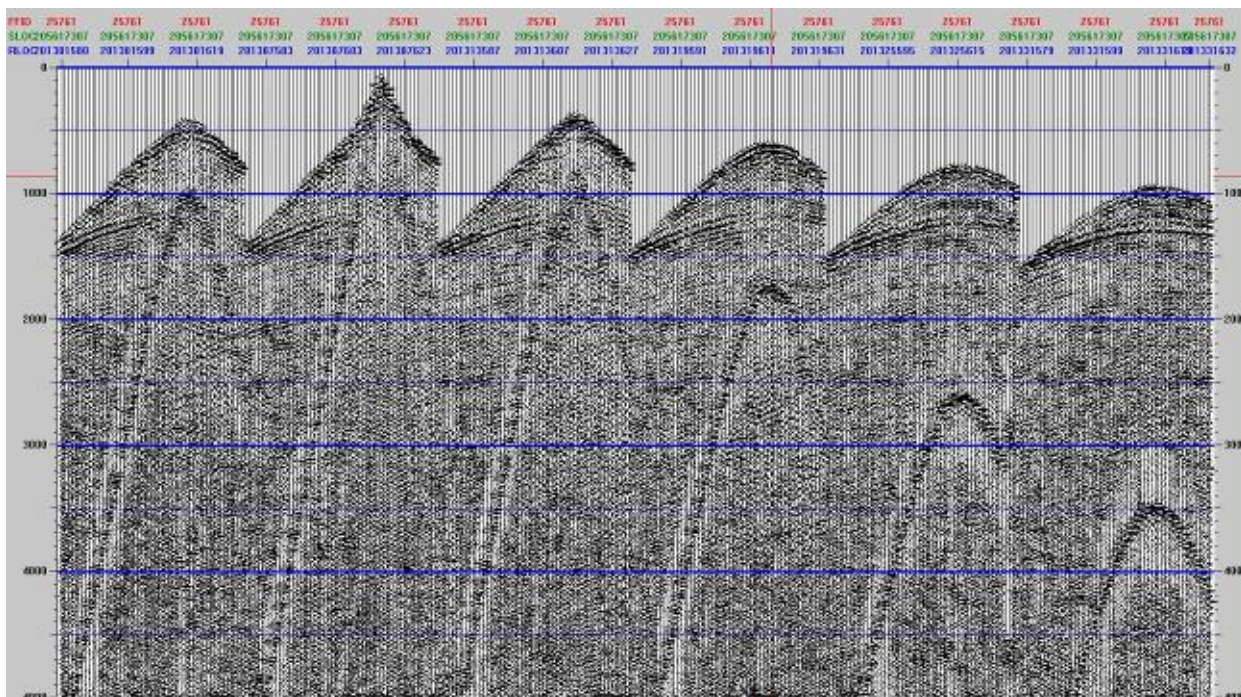


Рисунок 17 Данные , после исключения помех от реверберации

**EZDecon - Simple Deconvolution** [?] [X]

☐ Diagnostic output - do not use for production run

This Option allows for single window, spike or predictive deconvolution, with no primary spatial interpolation. The design window begins below the mute pattern defined and it's length is given as a multiplier of the operator length - typically 10 - 15

Operator Length in ms.       Operator gap in ms ( = 0 is spike, > 0 predictive, < predictive defined in zero crossings )

Percent White Noise

Ms. below mute pattern to begin design window       Design window length as multiplier of operator length (usually 10 - 15)

Рисунок 18 Окно настройки деконволюции

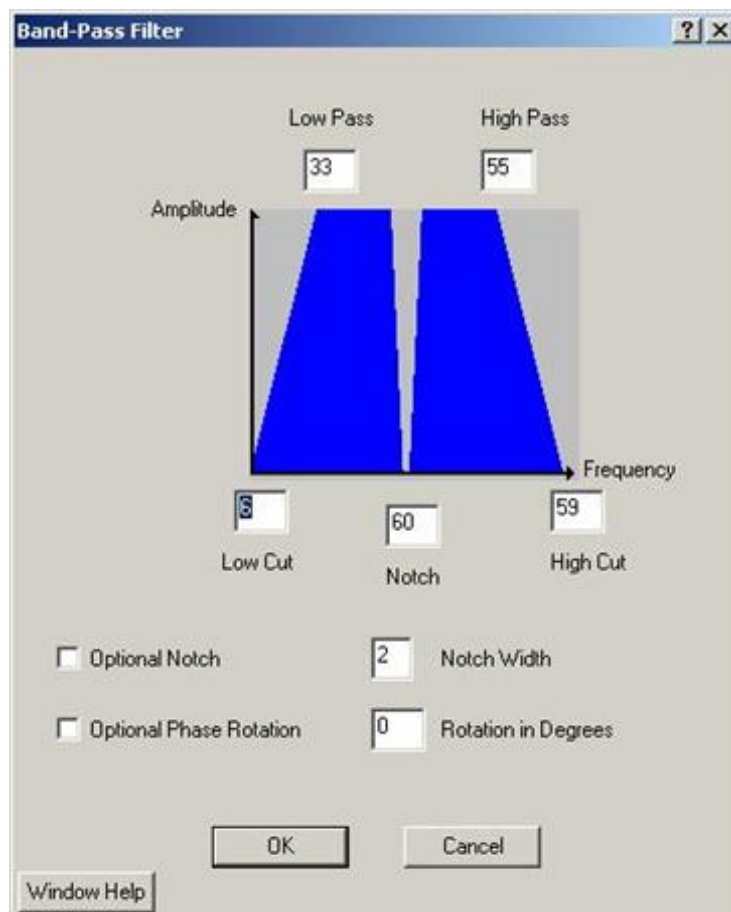


Рисунок 19 Бэнд-пасс фильтр

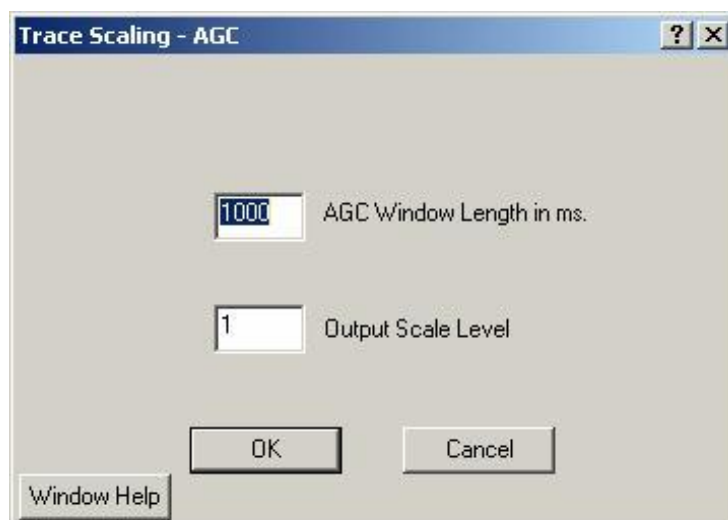


Рисунок 20 Параметры шкалы АРУ



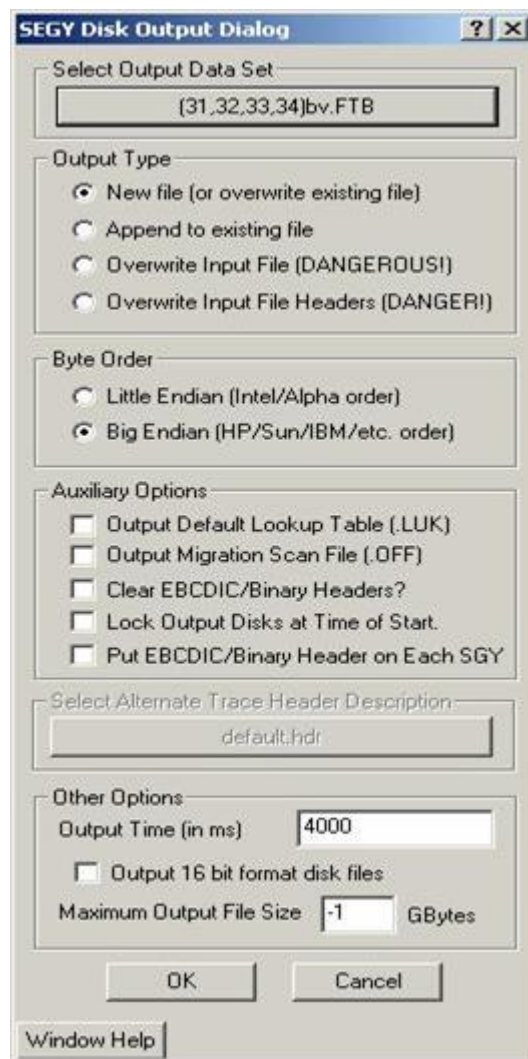


Рисунок 21 Окно вывода базы данных

На рисунках 22-27 представлены данные прошедшие обработку через граф полевого контроля

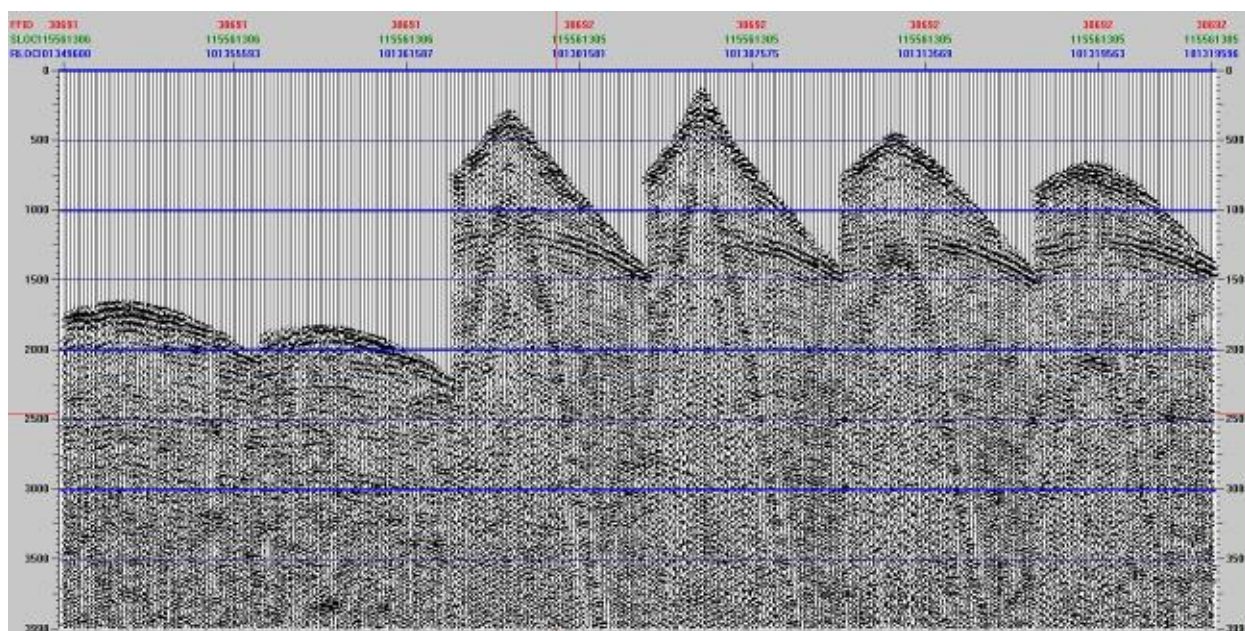


Рисунок 22 Визуализация обработанных сейсмограмм

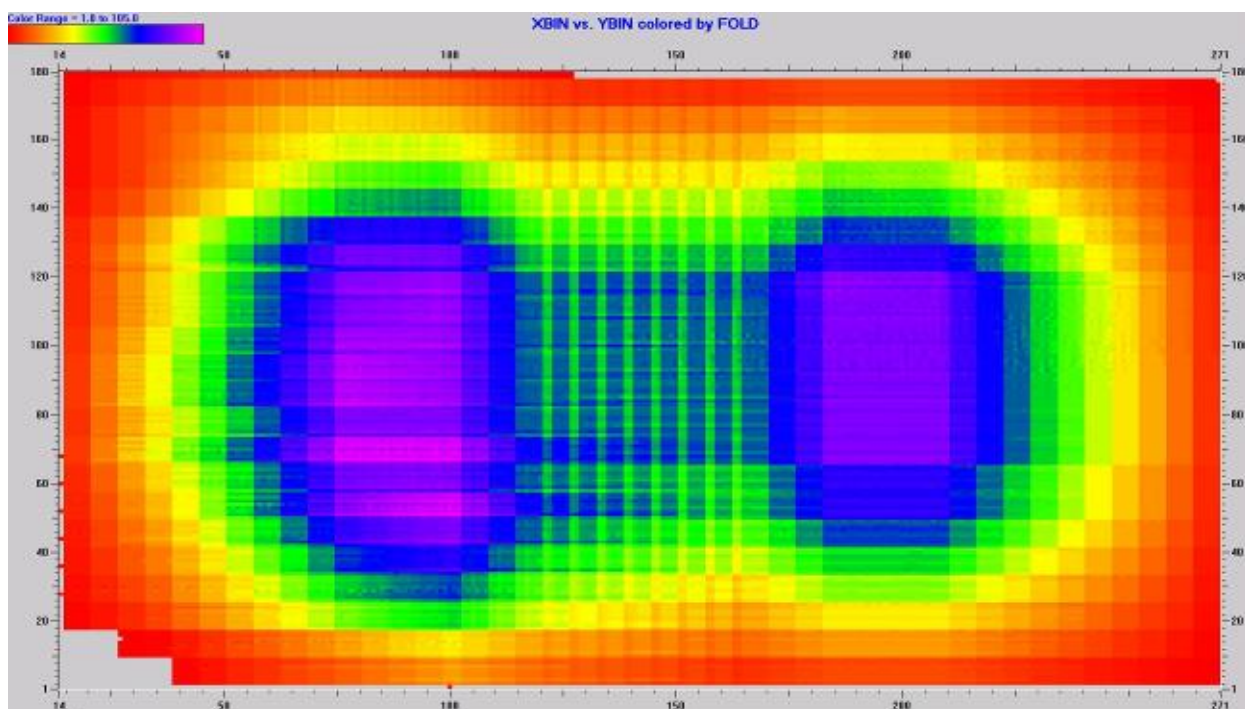


Рисунок 23 Поле кратности



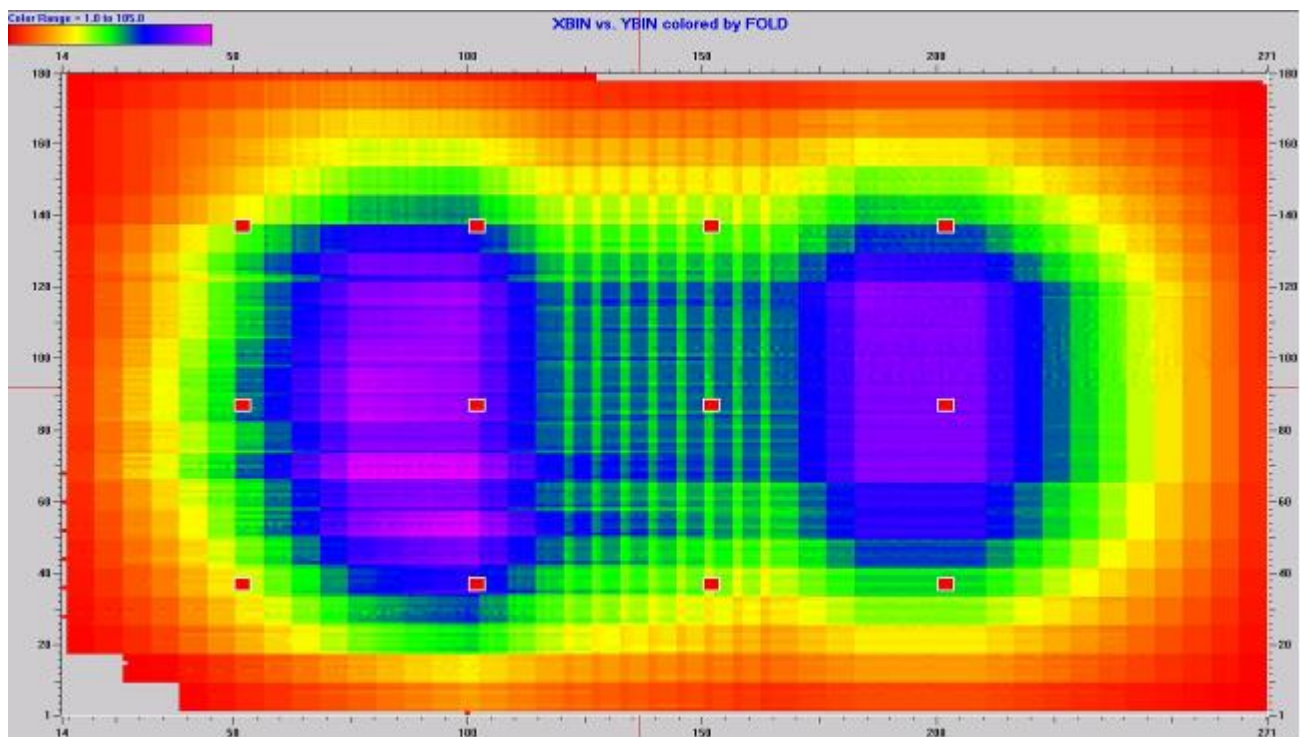


Рисунок 24 Выбор точек приложения скоростного закона, перед скоростным анализом.

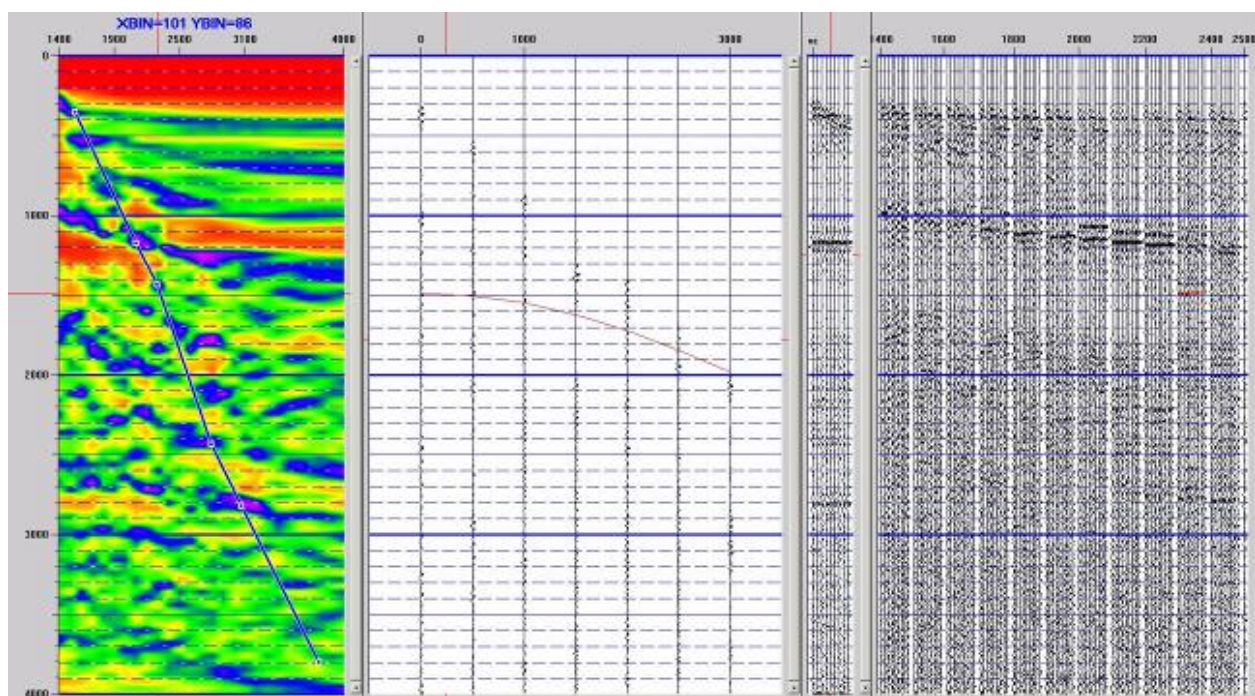


Рисунок 25 Панель перебора скоростей

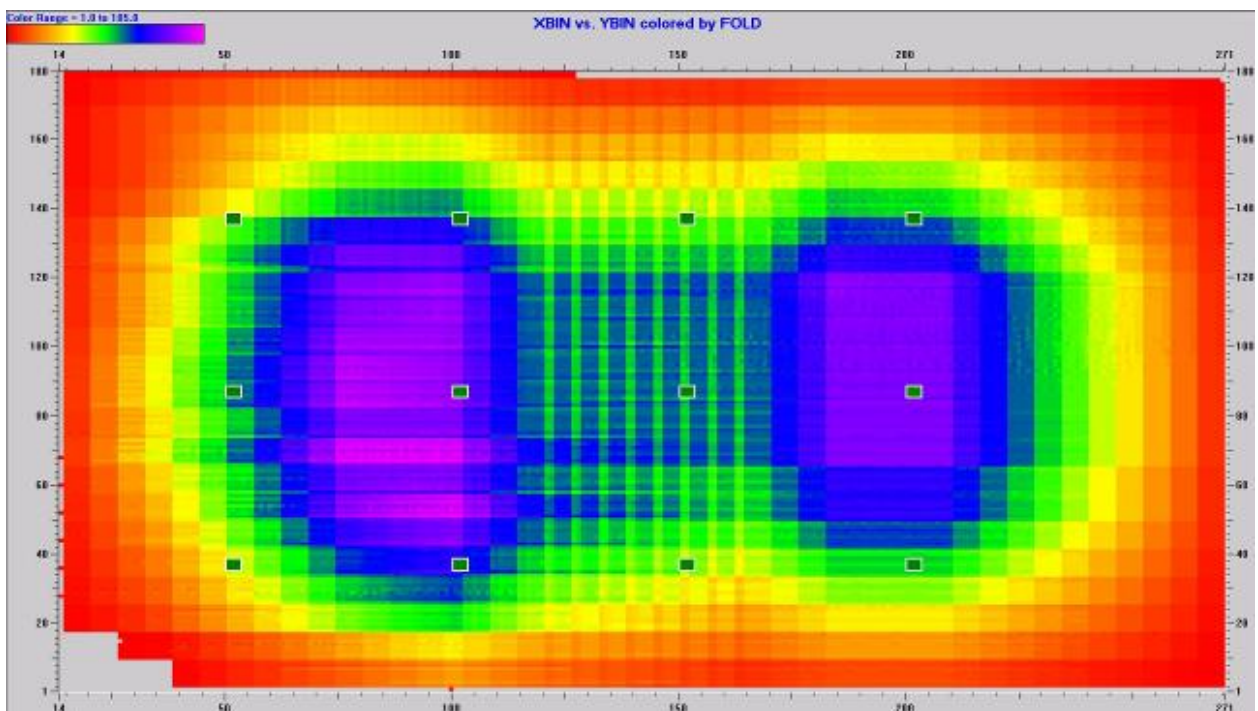


Рисунок 26 Супербины с подобранными скоростными моделями

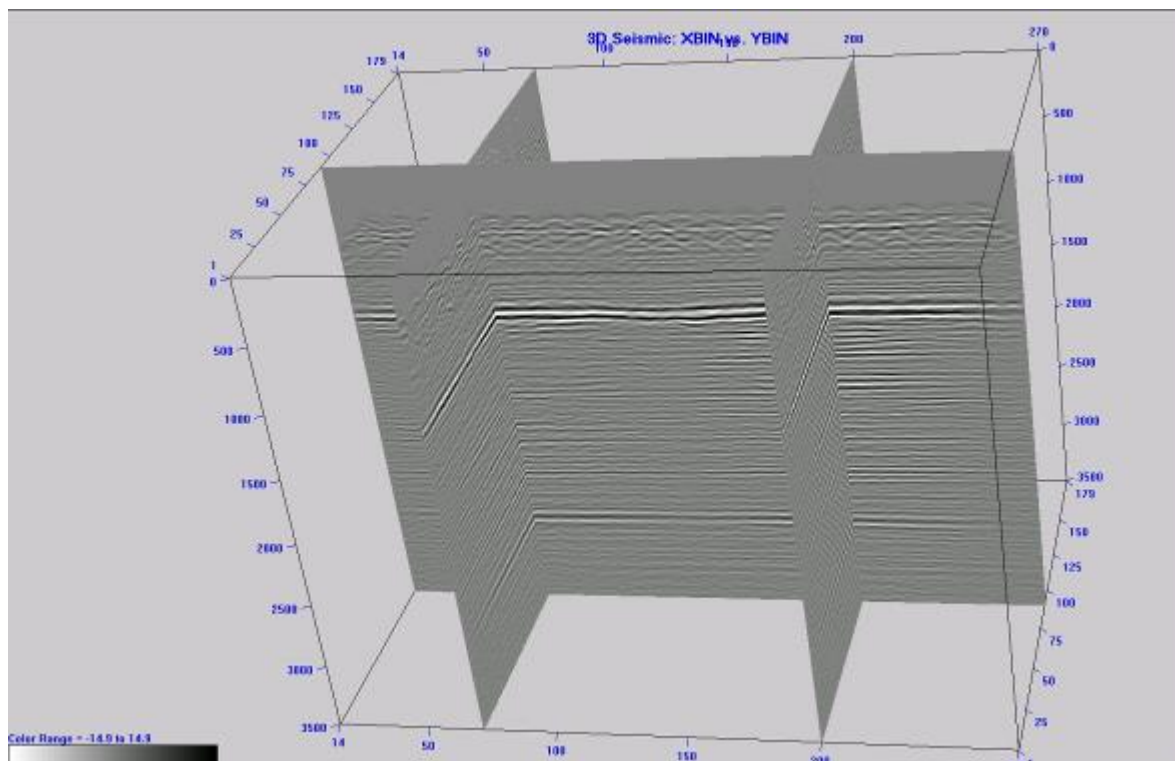


Рисунок 27 Суммарный временной куб данных построенный суммированием по ОГТ



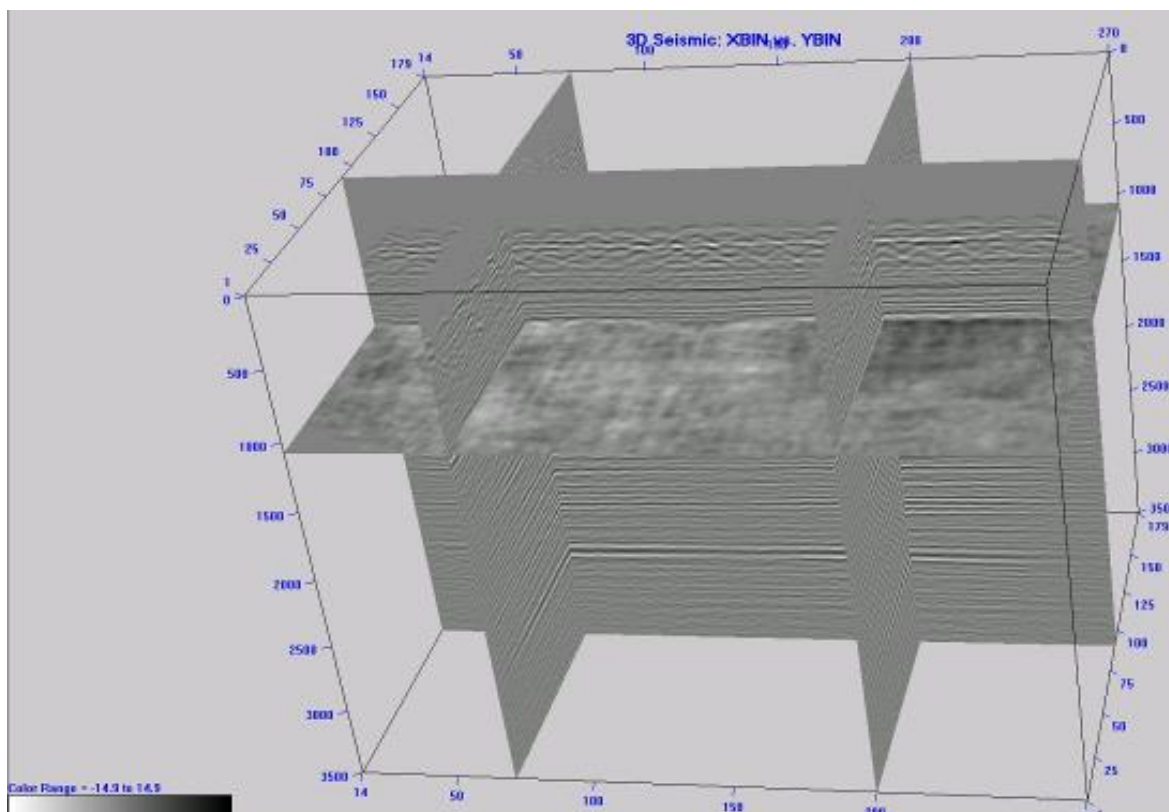


Рисунок 28 Визуализация с заданным горизонтальным сечением

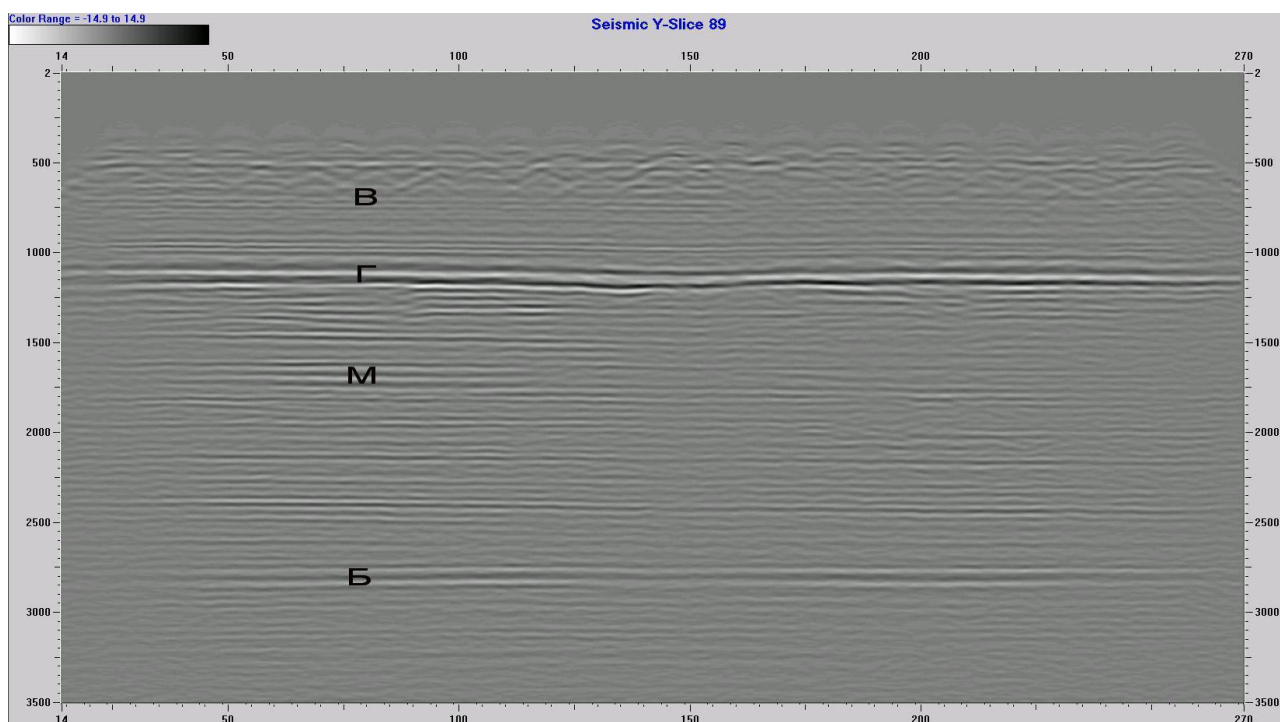


Рисунок 29 Вертикальный слайс Y-89

## 7. Результаты обработки

В результате экспресс обработки был получен временной 3D куб данных. При визуализации слайса Y-89 выделяются 4 основных отражающих опорных сейсмических горизонта и пачек. Данные горизонты были стратифицированы (m1). Они представлены:

- В – 700мс, пласты «шоколадных» глин, являющейся маркирующим стратиграфическим и сейсмоотражающим горизонтом, граница между валанжином (его кровля) и готеривом ( $K_1$ ),
- Г – 1100мс, подошва дербышинского надгоризонта, разделяющая континентальные песчаные отложения сеномана и глинистые морские осадки турона, является наиболее четким литолого-стратиграфическим репером и надежным сейсмоотражающим горизонтом ( $K_2$ ),
- М – 1700мс, группа отражающих горизонтов баррема-апта ( $K_1$ ), сопоставляемая с танопчинской свитой песчано-алеврит-глинистого состава,
- Б – 2800мс, баженовская свита представлена темно-серыми, черными и коричневато-черными аргиллитоподобными битуминозными глинами, массивными и тонкоплитчатыми, с остатками рыбного детрита, с отпечатками двустворчатых и головоногих моллюсков (аммонитов) раннеберриас-волжского веков. Толщина свиты до 60 м. Баженовская свита является маркирующим стратиграфическим и сейсмоотражающим горизонтом. Возраст –  $J_3$

## 8. Заключение

Целью данной ВКР было получение 3D временного куба (рис.27) данных по полевым сейсмическим материалам. Так как в системе наблюдений использовали донные сейсмоприемники, координаты точек приема необходимо было пересчитать, что и осуществлено в программе Verify-Pro. Полученные данные корректны.

Также для установления пригодности фактического материала к экспресс-обработке был успешно произведен граф полевого контроля, после экспресс-обработки был получен временной 3D куб данных, произведена сеймостратиграфический анализ, обработка производилась в программном комплексе Арех. Цель и поставленные задачи были достигнуты.

Автор выражает свою благодарность за помощь и консультации научному руководителю Жемчужникову Евгению Глебовичу.

## 9. Список литературы

1. **Использование сейсмических данных для определения координат точек приема при проведении работ МОВ-ОГТ в транзитной зоне** [Конференция] / авт. Е. Г. Жемчужников А.В. Зимовский Р.С. Точилов.
2. **Литолого-фациальная характеристика вскрытых отложений** [В Интернете] // mybiblioteka. - <https://mybiblioteka.su/tom2/3-171060.html>.
3. **Оценка точности вычисления координат донных сейсмоприемников** [Конференция] / авт. Жемчужников Е.Г.. - 2015.
4. **Юрхаровскре месторождение** [В Интернете] // neftegaz.ru. - <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/141830-yurkharovskoe-neftegazokondensatnoe-mestorozhdenie-ngkm/>.